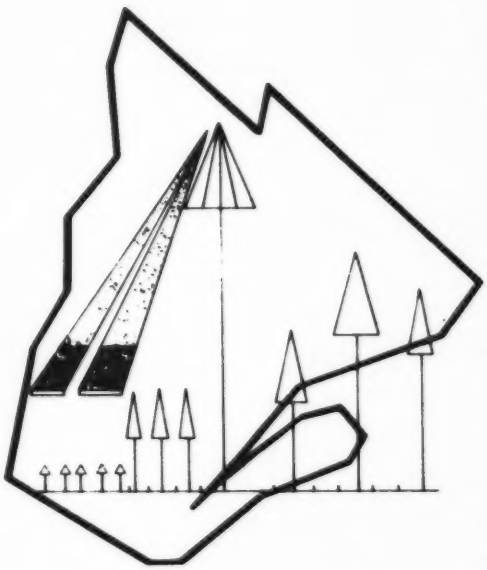
Résidus de 2,4,5-T dans le sol forestier après pulvérisations aériennes et terrestres en 1982

P. LÉVEILLÉ et L. LABERGE



Québec

85-2797/

RÉSIDUS DE 2,4,5-T DANS LE SOL FORESTIER APRÈS PULVÉRISATIONS AÉRIENNES ET TERRESTRES EN 1982

Par: Pierre Léveillé, biologiste
Luc Laberge, biologiste

GOUVERNEMENT DU QUÉBEC
MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES
SERVICE PÉPINIÈRES ET REBOISEMENT

Québec, mars 1984

AVANT-PROPOS

Les auteurs tiennent à remercier les personnes suivantes qui ont participé à la réalisation de ce travail:

Monsieur Lester Foley, chimiste, responsable pour Eco-Recherches Inc.

Madame Gisèle Couture, technicienne en aménagement de la faune, Ministère de l'Energie et des Ressources.

Madame Linda Laflamme, dactylographe, Ministère de l'Energie et des Ressources.

Monsieur Richard Trudel, étudiant.

Madame Chantal Duval, étudiante.

Monsieur Pierre Veillet, étudiant.

RÉSUMÉ

Dans son programme d'entretien chimique des plantations de conifères, le Ministère de l'Énergie et des Ressources a procédé à l'échantillonnage de résidus de 2,4,5-T dans le sol après des pulvérisations aériennes et terrestres en 1982.

Le dosage du produit variait de 1,87 à 3,10 kg à l'hectare. Douze échantillons ont été récoltés dans quatre projets différents. Un échantillon témoin a été récolté avant traitement et deux autres échantillons après cinq et douze semaines environ pour chaque projet. Des résidus ne furent retrouvés que dans un seul projet: 0,037 mg/kg (poids frais) après 29 jours et 0,048 mg/kg après 78 jours.

Une faible dose appliquée et une dégradation rapide du 2,4,5-T peuvent expliquer le fait que de petites quantités de résidus n'ont été retrouvées que dans un seul des quatre projets. Un délai d'échantillonnage plus court aurait permis de quantifier plus adéquatement les niveaux de résidus après traitement.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
RÉSUMÉ	iii
LISTE DES TABLEAUX	vi
LISTE DES FIGURES	vi
1. INTRODUCTION	1
2. PROGRAMME DE PULVÉRISATION	2
3. MÉTHODE EXPÉRIMENTALE	5
3.1 Description des stations d'échantillonnage	5
3.2 Mode d'échantillonnage	6
3.3 Matériel et technique d'échantillonnage	7
3.3.1 Matériel	7
3.3.2 Technique d'échantillonnage	7
3.4 Méthode analytique	8
4. RÉSULTATS	10
5. ANALYSE DES RÉSULTATS ET DISCUSSION	11
BIBLIOGRAPHIE	14

LISTE DES TABLEAUX

		Page
TABLEAU I	- Caractéristiques des projets de pulvérisation	4
TABLEAU II	- Résidus de 2,4,5-T dans le sol pour les quatre stations	10

LISTE DES FIGURES

		Page
FIGURE 1	- Localisation des projets	3
FIGURE 2	- Localisation des stations	5
FIGURE 3	- Schéma d'une station d'échantillonnage	6

1. INTRODUCTION

En 1982, le Ministère de l'Énergie et des Ressources poursuivait son programme d'étude des résidus de phytocides en milieu naturel (Bélanger et coll., 1982). Pour les années 1980 et 1981, les produits utilisés furent le 2,4-D (acide 2,4-dichlorophénoxyacétique) et le 2,4-DP (acide 2,4-dichlorophénoxypropionique). Ces études ont été réalisées sur le comportement et la persistance dans le sol forestier et en milieu aquatique.

Les projets de pulvérisation de 1982 furent effectués avec du 2,4,5-T (acide 2,4,5-trichlorophénoxyacétique) pour le canton Dufour et la Réserve de Rimouski; le projet du canton Rouillard reçut quant à lui un mélange de 2,4-D/2,4,5-T.

Les résidus retrouvés en milieu aquatique à la suite de ces traitements, ont fait l'objet d'un rapport distinct (Léveillé et Laberge, 1983). Dans les ruisseaux, le niveau de résidus de 2,4,5-T variait de 0,1 à 11,2 µg/l et dans les mares, il variait de 19,2 à 1 190 µg/l.

Sur chacun des projets de 1982, une station d'échantillonnage de sol a été établie afin de mesurer les niveaux de résidus dans les mêmes conditions d'opération. Le but final est évidemment de connaître le comportement et la persistance des résidus dans le sol forestier québécois.

2. PROGRAMME DE PULVÉRISATION

Les quatre projets ont été réalisés dans l'Est du Québec, précisément dans les cantons Dufour, Rouillard ainsi que dans la Réserve de Rimouski. La figure 1 indique leur localisation.

Pour les projets Dufour et Rimouski, le 2,4,5-T sous forme d'ester isooctylique fut utilisé seul alors que, dans le cas du projet Rouillard, le même produit fut employé en mélange avec du 2,4-D. Dans ce cas, seulement l'ester et l'acide du 2,4,5-T ont été quantifiés lors de l'analyse en laboratoire.

Le tableau 1 donne les caractéristiques des projets de pulvérisation. On doit remarquer que la dose varie de 1,9 à 3,1 kg d'ingrédients actifs à l'hectare. Une deuxième remarque importante est que les projets ont été réalisés avec des appareils de pulvérisation différents: un pulvérisateur à barillet de type Boomjet^{MD}, un pulvérisateur à air forcé de marque Tecnoma^{MD}, et finalement un système de pulvérisateur à rampes monté sur avion.

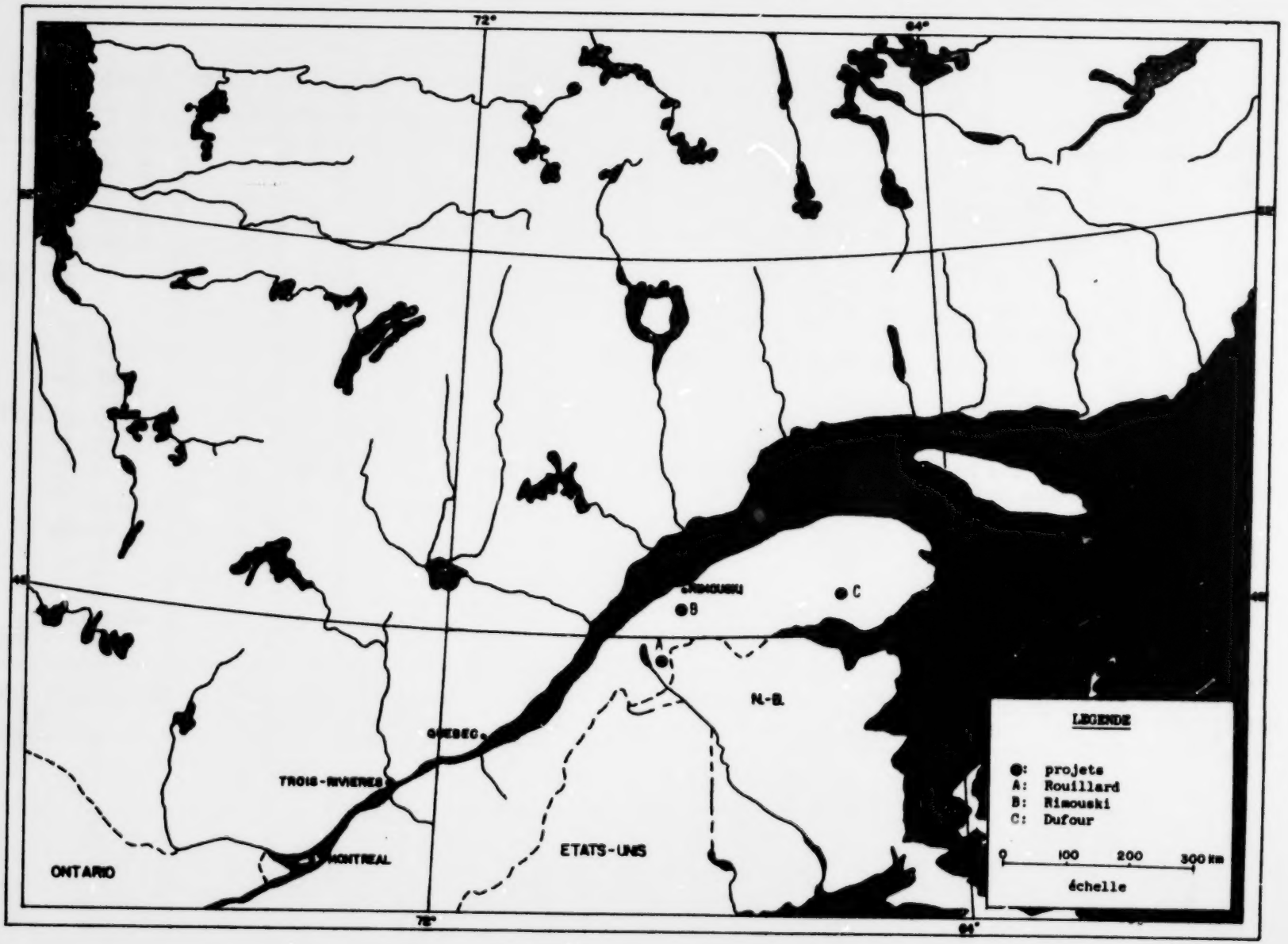


Figure 1: Localisation des projets

Tableau I: Caractéristiques des projets de pulvérisation

PROJET ET MODE D'APPLICATION	SUPERFICIE (hectares)	PRODUIT UTILISE	DOSE (g i.a./ha)	PERIODE DE TRAITEMENT	DUREE EFFECTIVE (heures)	APPAREIL DE PULVERISATION	TAUX D'APPLICATION (l/ha)
DUFOUR							
Terrestre	71,2	2,4,5-T*	3 100	16-08-82 au 19-08-82	25H30	Pulvérisateur à barillet Boomjet[MD]	450,0
Aérien Bloc 1	76,0	2,4,5-T	2 969	15-08-82 et 18-08-82	01H38	Pulvérisateur à rampes monté sur des avions	46,8
RIMOUSKI							
Aérien Bloc 1	120,0	2,4,5-T	3 000	18-08-82 et 19-08-82	01H33	Pulvérisateur à rampes monté sur des avions	46,8
ROUILLARD							
Terrestre Bloc 1	8,8	2,4-D/2,4,5-T**	3 742	25-08-82	05H00	Pulvérisateur à air forcé. Tecnoma[MD]	210,0

* 2,4,5-T: ester isooctylique 719 g/l (Brush-Rhap[MD]).

** 2,4-D/2,4,5-T: ester isooctylique 600 g/l (Brush-Killer 96 LV[MD]).

3. MÉTHODE EXPÉRIMENTALE

3.1 Description des stations d'échantillonnage

La figure 2 localise les stations par rapport aux superficies traitée.
Les superficies traitées par voie aérienne ou terrestre y sont identifiées.

Canton Dufour

Superficie totale: 224 ha
Bloc aérien #1 : 76 ha
Bloc terrestre : 71 ha
Station d'échantillonnage: ■

Réserve de Rimouski

Superficie totale: 454 ha
Bloc aérien #1 : 120 ha
Station d'échantillonnage: ■

Canton Rouillard

Superficie totale: 100 ha
Bloc terrestre #1: 8,8 ha
Station d'échantillonnage: ■

Figure 2: Localisation des stations

La station terrestre dans le projet Dufour avait une couverture végétale d'environ 70%; celle-ci était constituée de bouleaux (Betula papyrifera) et de cerisiers (Prunus pensylvanica) d'une hauteur moyenne de 2 m. La station sur le bloc aérien avait une couverture végétale plus dense car les deux espèces citées précédemment recouvraient 100% de la station et le framboisier (Rubus idaeus) occupait 50% de la surface en sous-étage.

Sur la station du projet de Rimouski, la végétation recouvrait 95% du sol. Le framboisier constituait 80% de la couverture alors que le 20% restant était occupé par le bouleau, le cerisier et le tremble (Populus tremuloides). La hauteur moyenne de ces espèces était de 1,3 m.

Dans le projet Rouillard, la végétation recouvrait 80% de la surface du sol. L'épilobe à feuilles étroites (Epilobium angustifolium) et le framboisier constituaient 90% de cette couverture; quelques plantes herbacées se partageaient le dernier 10% avec le tremble et le cerisier.

3.2 Mode d'échantillonnage

Pour les quatre projets, un échantillon témoin a été récolté avant pulvérisation, un deuxième après environ quatre à cinq semaines et un dernier avant que la neige ne recouvre le sol, i.e. de onze à douze semaines après traitement.

A l'intérieur d'une surface traitée, une station d'échantillonnage était déterminée et divisée en trois secteurs: témoin, quatre et douze semaines (Figure 3). Dans chaque secteur, un échantillon composite était formé de cinq prélèvements des 15 premiers centimètres de sol. Les prélèvements étaient recueillis consécutivement à l'intérieur des surfaces numérotées de 1 à 5 à un endroit libre de débris ou de roches. Cette procédure permettait d'éviter la contamination des secteurs adjacents qui devaient être échantillonnés ultérieurement. L'échantillonnage composite a été choisi afin d'obtenir une image plus fidèle de l'ensemble de la station car la végétation, les débris forestiers et les blocs de roche peuvent modifier la dispersion au sol du produit.

Afin de s'assurer que les parcelles échantillons ont bien été traitées, des cartes indicatrices de dépot, marque Kromekote^{MD}, furent placées à l'intérieur des parcelles pour les projets aériens Dufour et Rimouski. Dans le cas des projets terrestres Rouillard et Dufour, les échantillonneurs ont observé le traitement.

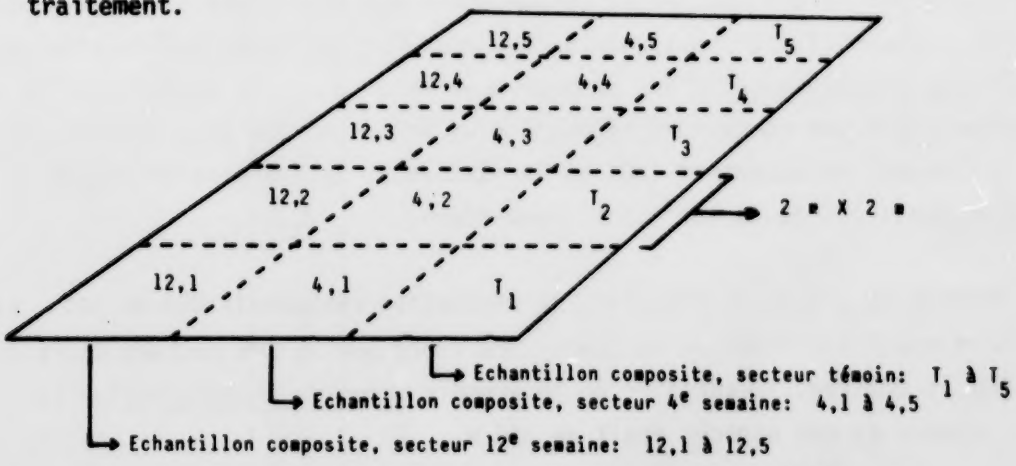


Figure 3: Schéma d'une station d'échantillonnage

3.3 Matériel et technique d'échantillonnage

La technique d'échantillonnage, ainsi que le matériel utilisé, ont été déterminés en collaboration avec la compagnie Eco-Recherches Inc., responsable de l'analyse chimique des échantillons.

3.3.1 Matériel

- Sonde: Une sonde de marque Oakfield J-300^{MD}, en acier plaqué de chrome, fut utilisée pour la cueillette des échantillons. Elle est constituée d'un tube de 30 cm de long avec une ouverture sur le côté. Le diamètre de la carotte de sol est de 2 cm.

- Tige de verre: Une tige de verre de 30 cm est utilisée pour dégager le sol de la sonde.

- Récipient: L'échantillon de sol est déposé dans un récipient de verre de marque Mason^{MD}. L'intérieur du couvercle, en matière plastique, est recouvert d'un papier d'aluminium préalablement décontaminé.

3.3.2 Technique d'échantillonnage

La récolte des échantillons comportait deux opérations distinctes: la décontamination du matériel et la prise d'échantillon elle-même.

Décontamination du matériel

Les récipients étaient fournis par le laboratoire et avaient été décontaminés par un lavage à l'acide chlorhydrique dilué, suivi de rinçages à l'eau distillée, à l'acétone et à l'hexane. Les contenants demeuraient scellés jusqu'à leur utilisation. La probabilité de transporter des résidus de pesticides d'un site d'échantillonnage à un autre étant très grande, les instruments étaient décontaminés sur le terrain, entre chaque échantillon, selon la procédure suivante:

1° La sonde et la tige de verre sont d'abord lavées à l'eau distillée et débarassées des particules de sol pouvant y adhérer.

2° Les instruments sont ensuite brossés et lavés à l'alcool éthylique.

3° Les instruments sont asséchés avec un chiffon imbibé d'alcool.

4° Un double rinçage à l'acétone et à l'hexane est ensuite effectué.

5° Les instruments sont finalement essuyés avec un chiffon sec.

Par la suite les instruments peuvent être utilisés immédiatement, sinon ils sont conservés dans un papier d'aluminium propre.

Procédure de récolte des échantillons

1° Sur le secteur pré-identifié, la sonde est enfoncée dans le sol à une profondeur minimum de 5 cm et, s'il n'y a pas d'obstacle, jusqu'à un maximum de 15 cm.

2° La sonde est ensuite retirée en emprisonnant le sol à l'intérieur.

3° A l'aide de la tige de verre, le contenu de la sonde est dégagé et déposé dans le récipient.

4° Les cinq prélèvements sont recueillis de la même façon et mélangés dans le récipient. Pour chaque prélèvement, les pourcentages de sol organique et de sol minéral étaient notés.

5° L'échantillon est ensuite identifié avec des étiquettes appropriées.

6° Afin d'intercepter la lumière, le récipient est recouvert de papier d'aluminium.

7° Sur le terrain, l'échantillon est conservé au frais dans une glacière et ensuite congelé jusqu'à son analyse.

3.4 Méthode analytique

Voici un bref résumé de la méthode analytique utilisée par le laboratoire. Cette méthode est celle qui est reconnue et approuvée par la Direction générale des eaux intérieures du Ministère de l'Environnement du Canada. La méthode est contenue dans un répertoire mis à jour périodiquement; dans le cadre de cette étude, il s'agit de la méthode telle que publiée en octobre 1980*.

Le sol est d'abord mouillé (20 à 30% d'eau) puis acidifié à l'aide d'acide chlorhydrique. Ce mélange est alors extrait à deux reprises à l'aide d'un mélange 1 : 1 d'acétone et d'hexane. La solution résultante est à son tour extraite par deux portions de dichlorométhane. Le solvant est évaporé jusqu'à environ 0,5 ml et remplacé par du benzène. Une estérification est effectuée

---

* Environnement Canada, Analytical Methods Manual, October 1980

grâce au BF_3 - Méthanol et les esters sont extraits par du benzène et analysés en chromatographie en phase gazeuse à l'aide d'un détecteur à capture d'électron (Ni^{63}).

Les conditions opératoires du chromatographe sont les suivantes:

Colonnes: 7% OV-17 + 4% QF-1 sur Gaz Chrom. Q. 80-100 mailles.
3,6% OV-101 + 5,5% OV-210 sur Chromosorb W, 80-100 mailles.
3% OV-17 sur Chromosorb W, HP, 80-100 mailles.

Températures: Colonne 200°C
Injecteur 250°C
Détecteur 300°C

Gaz vecteur: 5% de méthane dans l'argon à 60 ml/min.

La précision de la méthode est de l'ordre de 8% et la limite de détection est de 0,02 mg/kg de poids frais.

4. RÉSULTATS

Un total de douze échantillons fut recueilli sur les trois sites. Le tableau II présente l'ensemble des résultats obtenus.

Le tableau donne les résultats exprimés en milligrammes par kilogramme de poids frais. Cette unité correspond à des parties par million (ppm)

Tableau II: Résidus de 2,4,5-T dans le sol pour les quatre stations

PROJETS	DOSE (g i.a./ha)	TEMPS (jours)	CONCENTRATION (mg/kg (poids frais))	NATURE DE L'ÉCHANTILLON
DUFOUR				
Terrestre	3 100	Témoin	< 0,02	
		34	< 0,02	carottes: 3 à 10 cm
		83	< 0,02	sol organique: 10%
Aérien				sol minéral: 90%
Bloc 1	2 969	Témoin	< 0,02	
		38	< 0,02	
		87	< 0,02	
ROUILLARD				
Terrestre				
Bloc 1	1 871*	Témoin	< 0,02	carottes: ≅ 10 cm
		29	0,037	sol organique: 5%
		78	0,048	sol minéral: 95%
RIMOUSKI				
Aérien				
Bloc 1	3 000	Témoin	< 0,02	carottes: ≅ 6 cm
		36	< 0,02	sol organique: 50%
		85	< 0,02	sol minéral: 50%

* 2,4,5-T seulement

5. ANALYSE DES RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le cheminement du 2,4,5-T dans l'environnement peut être résumé de la façon suivante. Il y a d'abord dépôt du produit sur le sol et la végétation. Au niveau du sol, une certaine quantité de produit peut se volatiliser et être réintroduite dans l'air. On mentionne également que la photolyse pourrait être responsable d'une certaine dégradation (C.N.R.C., 1979). Finalement la majeure partie du produit sera retenue dans les couches superficielles du sol, le 2,4,5-T étant fortement adsorbé par la matière organique du sol et de la litière (Kimmins, 1975; Torstensson, 1978).

La principale voie de disparition du 2,4,5-T demeure la dégradation microbienne et celle-ci a également lieu dans la couche organique. Au taux normal d'utilisation, le 2,4,5-T se retrouve rarement à plus de 15 cm de profondeur (Norris, 1981). En effet, le produit est fortement adsorbé par la matière organique et son mouvement par le lessivage vers le sol minéral est presque complètement bloqué (C.N.R.C., 1979).

Notons finalement qu'une faible quantité de produit pourra être transportée à l'extérieur de la surface traitée si les eaux de ruissellement sont assez puissantes pour transporter des particules de sol auxquelles le produit se trouve adsorbé. Certains auteurs ont également noté une augmentation de la concentration dans le sol quelques jours ou quelques semaines après le traitement. Ce phénomène est attribuable au fait que le produit reçu par la végétation se trouve remis en circulation par lessivage du feuillage peu de temps après traitement et également lors de la chute de celui-ci.

Dans l'ensemble des quatre stations, des résidus n'ont été retrouvés que dans le projet Rouillard à 29 et 78 jours après traitement: les concentrations de 2,4,5-T étaient respectivement de 0,037 et 0,048 mg/kg. La dose appliquée dans ce projet était la plus faible, soit 1 871 g i.a. à l'hectare. Bien que ces deux résultats soient comparables à ceux de la littérature, il est difficile de les expliquer par rapport aux trois autres projets. Les caractéristiques du sol comme le pH, la texture, le % de matière organique ont peut-être diminué la vitesse de dégradation. Les propriétés du site comme le drainage, la couverture végétale et la position de la station, associées à des caractéristiques

différentes de pulvérisation (mélange de produits, durée des travaux, appareil à air forcé) ont pu également modifier la dispersion du produit. Un seul ou plusieurs de ces facteurs pourraient expliquer la présence du 2,4,5-T dans ce projet.

Stewart et Gaul (1977) ont étudié la persistance du même ester isooctylique dans un sol en Nouvelle-Ecosse. A de faibles taux de 1,1 2,1 et 4,3 kg/ha comme dans nos projets, leurs résultats montrent que les résidus étaient inférieurs à 0,02 mg/kg après respectivement 6, 10 et 38 semaines.

Les expériences de Norris et coll. (1977) ont été réalisées en sol forestier sur la côte Ouest des Etats-Unis. Ces auteurs, utilisant l'ester isooctylique de 2,4,5-T à 2,24 kg/ha, retrouvaient dans les 15 premiers centimètres de sol minéral des concentrations faibles de 0,08 mg/kg (trois mois) et 0,02 mg/kg (six mois). Le produit n'était plus détecté après six mois suite à une première application. Après une deuxième application l'année suivante, des résidus de 0,01 mg/kg n'ont été retrouvés que pour le premier mois après traitement.

Des expériences effectuées en Colombie-Britannique par Wan (1975) ont montré des résultats très variables avec l'ester isooctylique de 2,4,5-T (4,5 kg/ha). Bien qu'il ait retrouvé des concentrations dépassant 1 mg/kg deux heures après traitement, les résidus atteignaient 0,02 mg/kg après 28 jours. Dans deux cas, il a pu démontrer la présence de résidus après 16 et 52 semaines à 0,02 et 0,04 mg/kg respectivement. Ces résidus proviendraient selon l'auteur de la chute au sol du feuillage traité puisque dans les semaines précédant celle-ci, les résidus étaient disparus du sol. Comme les études précédentes l'indiquent, la persistance varie beaucoup selon les conditions expérimentales rencontrées en milieu naturel.

Pour nos résultats, les deux seuls échantillons positifs, mais à des valeurs très faibles, sont probablement le résultat d'un taux d'application faible et d'une période d'échantillonnage de cinq et onze semaines soit, presque aux limites de persistance rapportées dans les études citées précédemment. Quant aux trois autres stations ou l'on n'a pas retrouvé de résidus, on peut reprendre les mêmes conclusions que précédemment à savoir qu'il y aurait eu disparition

rapide du phytocide à cause du faible taux d'application et d'une dégradation rapide du produit. De plus, il n'est pas exclu que des résidus soient encore présents en quantité inférieure à notre limite de détection de 0,02 mg/kg.

Pour les échantillonnages ultérieurs, l'intensité d'échantillonnage devrait être augmentée pour les premières semaines après traitement. Il serait également intéressant de voir dans quelle proportion les résidus se répartissent entre la couche de surface organique et le sol minéral en profondeur en les analysant séparément.

BIBLIOGRAPHIE

BÉLANGER, P., L. LABERGE, R. LAMARRE et P. LÉVEILLÉ, 1982. " Etude d'impact sur l'environnement des pulvérisations aériennes de phytocides en milieu forestier". Gouvernement du Québec, ministère de l'Energie et des Ressources, Service pépinières et reboisement, 486 p.

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA, 1979. " Herbicides phénoxys - Analyse de leurs effets sur l'état de l'environnement accompagnée de critères scientifiques à l'égard de la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine (TCDD)". Comité associé sur les critères scientifiques concernant l'état de l'environnement, CNRC No. 16076, Ottawa, Canada, 452 p.

KIMMINS, J.P., 1975. " Review of the ecological effects of herbicide usage in forestry". Fisheries and Environment Canada, Can. Pacific Forest Research Center, information report BC-X-139, 44 p.

LÉVEILLÉ, P. et L. LABERGE, 1983. " Résidus de 2,4-D et 2,4-DP en milieu aquatique lors d'entretien de plantation par voie aérienne (1981). Gouvernement du Québec, ministère de l'Energie et des Ressources, Service pépinières et reboisement, publication No. 3301, 48 p.

NORRIS, L.A, 1981. " The movement, persistence and fate of the phenoxy herbicides and TCDD in the forest". Residue Reviews, Gunther, F.A. ed., Springer-Verlag, New-York, Vol. 80, pp. 65-135.

NORRIS, L.A., M.L. MONTGOMERY and E.R. JOHNSON, 1977. " The persistence of 2,4,5-T in a Pacific Northwest Forest". Weed science, Vol. 25, No. 5, pp. 417-422.

STEWART, D.K.R. and S.O. GAUL, 1977. " Persistence of 2,4-D, 2,4,5-T and dicamba in a Dykeland soil". Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, Vol. 18, No. 2, pp. 210-218.

TORSTENSSON, L., 1978. " Effects of phenoxyacetic acid herbicides on soil organisms". Ecological Bulletin No. 27, Ramel, C. ed., Stockholm pp. 263-284.

WAN, M.T.K. 1975. " Impacts of chlorophenoxy herbicides on a coastal forest environment of British Columbia". Environment Canada, Pollution Abatement Branch, Pacific region Vancouver, surveillance report No. EPS-5-PR-75-4, 35 p.